CANMET

RAPPORT 83-2F

Canada Centre for Mineral and Energy Technology

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

LE GISEMENT McMASTER, UN GISEMENT DE SULFURE DE CUIVRE ALLOGÈNE MASSIF DANS LA RÉGION DE BATHURST AU NOUVEAU-BRUNSWICK

J.L. JAMBOR

MICROMEDIA

22 pp

PROGRAMME DE RECHERCHES SUR LES MINÉRAUX
LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES

OCTOBRE 1982

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

Canada

36
37V

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1981

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Hull, Québec, Canada K1A 0S9

CANMET
Énergie, Mines et Resources Canada,
555, rue Booth
Ottawa, Canada K1A 0G1

ou chez votre libraire.

Nº de catalogue M38–13/83-2F
ISBN 0-660-91158-2

Canada: $3.25
Hors Canada: $3.90

Prix sujet à changement sans avis préalable.

LE GISEMENT McMASTER, UN GISEMENT DE SULFURE DE CUIVRE ALLOGÈNE MASSIF DANS LA RÉGION DE BATHURST AU NOUVEAU-BRUNSWICK

par

J.L. Jambor*

RÉSUMÉ

Le gisement McMaster, situé près de Bathurst au nord du Nouveau-Brunswick est composé de pyrite massive et disséminée dans de la phyllite du groupe de Tétagouche d'âge ordovicien. Le gisement est petit et ne renferme en moyenne que 0,7% de Cu. Contrairement à la plupart des zones d'intérêt pour le sulfure massif de la région, les teneurs en sphalérite et en galène sont inférieures à celle de la chalcopyrite. On ne trouve qu'une faible quantité de pyrite dans des couches mal définies alors que la majeure partie du sulfure massif est composée de pyrite allogène plus grossière. Les autres minéraux présents à l'état de traces sont les sulfosels de plomb et de bismuth, la tétraédrite bismuthifère, la tennantite, l'arsénopyrite, le bismuth natif, la pyrrhotine, la magnétite et les sulfures de cuivre supergènes. Le principal silicate que renferme la pyrite est le quartz. La chlorite est commune alors que les carbonates ne sont représentés que par des traces de sidérite. La phyllite renfermant beaucoup de muscovite et des sulfures disséminés passe progressivement à des sulfures massifs en contact direct avec les roches chloriteuses presque dépourvues de muscovite. La zone chloriteuse est principalement concordante, d'une épaisseur de 10 à 15 m et elle est continue sur toute la longeur des sulfures massifs.

---

* Chercheur scientifique, Laboratoire de traitement des minéraux, Laboratoire des sciences minérales, CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

McMASTER, AN ALLOGENIC MASSIVE SULPHIDE COPPER DEPOSIT, BATHURST AREA, NEW BRUNSWICK

by

J.L. Jambor*

ABSTRACT

The McMaster deposit near Bathurst, northern New Brunswick, consists of massive and disseminated pyrite in phyllite of the Ordovician Tetagouche Group. The deposit is small, averages only 0.7% Cu, and unlike most massive sulphide prospects in this region, the sphalerite and galena content is subordinate to that of chalcopyrite. Fine-grained, poorly layered pyrite is present in only small amounts, and most of the massive sulphide consists of coarser, allogenic pyrite. Other minerals present in trace amounts are lead-bismuth sulphosalts, bismuthian tetrahedrite, tennantite, arsenopyrite, native bismuth, pyrrhotite, magnetite, and supergene copper sulphides. The principal silicate in the pyritite is quartz; chlorite is common whereas carbonates are represented only by trace amounts of siderite. Phyllite with abundant muscovite and disseminated sulphides is gradational to massive sulphides that are in sharp contact with chloritic rocks almost devoid of muscovite. The chloritic zone is mainly conformable, 10 to 15 m thick, and is continuous along the strike length of the massive sulphides.

---

* Research Scientist, Mineral Processing Laboratory, Mineral Sciences Laboratories, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCTION	1
GÉOLOGIE GÉNÉRALE	1
RÉPARTITION DES SULFURES	2
Failles	3
MINÉRALOGIE	3
Éléments généraux	3
Pyrite	4
Chalcopyrite	6
Sphalérite et galène	7
Autres sulfures et minéraux associés	7
Silicates	9
Autres minéraux	10
ALTÉRATION CHLORITEUSE	10
MÉTAMORPHISME	13
REMERCIEMENTS	13
BIBLIOGRAPHIE	13

TABLEAUX

No.		
1.	Dosages à la microsonde des sulfosels de plomb et bismuth	7
2.	Dosages à la microsonde de la tétraédrite et de la tennantite	8
3.	Dosages d'échantillons de sulfure massif du gisement McMaster	10

FIGURES

1.	Géologie générale et principales manifestations de sulfures dans le district de Bathurst-Newcastle au Nouveau-Brunswick	1
2.	Plan indiquant l'emplacement des principaux trous de sonde dans la propriété McMaster	2
3.	Profil des trous de sonde illustrant la répartition des sulfures massifs et disséminés	2
4.	Exemples de pyrite allogène mégascopique provenant du trou de sonde MM-1	4

No.		Page
5.	Exemples de pyrite allogène microscopique en sections polies provenant de la carotte du trou de sonde MM-2.....	5
6.	Microphotographie du sulfure non identifié de cuivre et fer.....	9
7.	Coupe de la zone de sulfure du gisement McMaster illustrant la transition entre les roches hôtes riches en muscovite et chloriteuses.....	11
8.	Coupe des trous de sonde MM-5 et MM-6 illustrant la répartition des zones chloriteuses et sulfurées.....	12

INTRODUCTION

On trouve de nombreux gisements de sulfure massif de Zn-Pb-Cu-Ag dans le groupe de Tétagouche d'âge ordovicien dans un grand secteur à l'ouest de Bathurst et Newcastle au nord du Nouveau-Brunswick (fig. 1). Quoique la nature générale des gisements soit connue, peu d'entre eux ont été étudiés de manière détaillée, en particulier quant à la minéralogie des sulfures. Le présent rapport est un des nombreux rapports sur des recherches effectuées au CANMET dans le but de fournir des données techniques et scientifiques facilitant la mise au point de méthodes d'extraction et de traitement pour les gisements du Nouveau-Brunswick. Ils permettront aux gouvernements et à l'industrie de planifier la mise en valeur des ressources en améliorant l'évaluation de la rentabilité de l'exploitation des gisements. L'accumulation progressive de ces renseignements pour plusieurs gisements mènera à une meilleure connaissance de la nature des sulfures massifs et, éventuellement, fournira une vue d'ensemble des variations régionales de la minéralogie et des effets du métamorphisme de faible intensité. L'exploration future sera également facilitée par une meilleure compréhension de la genèse du minerai.

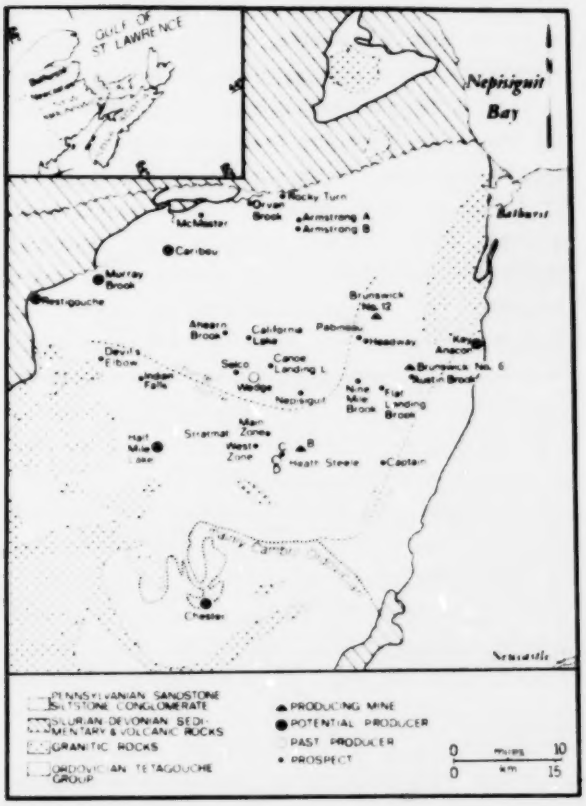

Fig. 1 - Géologie générale et principales manifestations de sulfures dans le district de Bathurst-Newcastle au Nouveau-Brunswick. La géologie et les sous-zones à chlorite et biotite du métamorphisme régional sont tirées de Helmstaedt (1973), Irrinki (1973, 1974) Saif et coll. (1978) et de la planche 73-10 de la Direction des ressources minérales du Nouveau-Brunswick. Le gisement Caribou représenté comme un gisement éventuellement productif, comportait également une zone supergène riche en cuivre aujourd'hui épuisée.

Le gisement McMaster, propriété de l'Anaconda Company (Canada) Ltd., se distingue des autres gisements du groupe de Bathurst puisque le principal sulfure présentant une importance économique y est la chalcopyrite et que le rapport Cu:(Zn + Pb) y est extrêmement élevé. Le gisement présente également un intérêt particulier puisque les sulfures massifs qu'il renferme semblent à l'oeil nu beaucoup plus grossiers que les sulfures des gisements avoisinants de Caribou, d'Orvan Brook et de Rocky Turn (fig. 1).

GÉOLOGIE GÉNÉRALE

Le gisement McMaster se trouve dans les phyllites appartenant au groupe de Tétagouche (Skinner 1974) dans un secteur cartographié d'une manière détaillée par Fyffe (1974). Les phyllites ont une épaisseur d'environ 300 m et une orientation d'environ N 70° E; les pendages sont très variables, mais généralement abrupts en direction du sud à presque verticaux. Les phyllites sont limitées au nord par des basaltes massifs à schisteuse qui sont en contact avec des ardoises rouges et noires (Fyffe 1974).

Dans la propriété McMaster les phyllites sont grises à vert foncé et renferment des quan-

titiés variables de muscovite et de chlorite. Par endroits on trouve des couches d'argilite et des couches graphitiques minces. Les sulfures disséminés et massifs sont intercalés de phyllite et forment une zone d'une longueur d'environ 100 m et d'une épaisseur atteignant jusqu'à 10 m. D'étroites intersections de sulfure dans les carottes de forage indiquent que la zone peut s'étendre jusqu'à une profondeur d'environ 150 m (fig. 2 et 3). Les réserves de minerai sont de 183 000 tonnes d'une teneur de 0,7% de Cu et de 3 ppm d'Ag (Davies et McAllister 1980). Les titres obtenus par l'Anaconda Company indiquent que le Pb et le Zn sont pratiquement inexistants dans la zone sulfurée; les concentrations les plus élevées signalées pour la partie principale du gisement sont de 0,10% de Pb sur 3 m et de 0,10% de Zn sur approximativement 1 m.

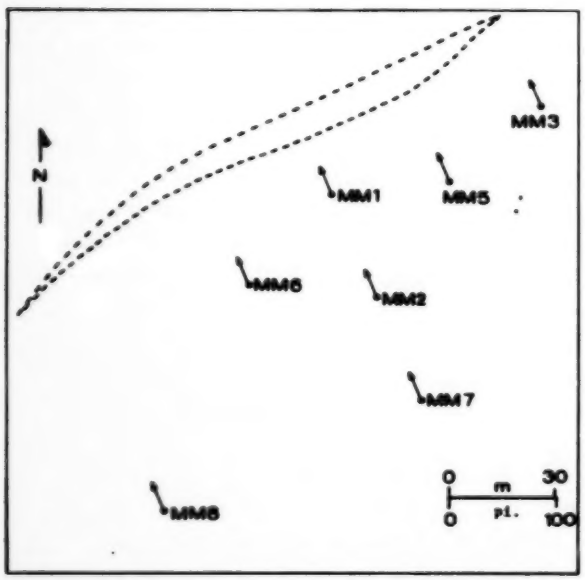

Fig. 2 - Plan indiquant l'emplacement des principaux trous de sonde dans la propriété McMaster; l'anomalie électromagnétique en surface est indiquée par la ligne pointilée. Les données proviennent des dossiers d'évaluation de la Direction des ressources minérales du Nouveau-Brunswick, à Bathurst.

RÉPARTITION DES SULFURES

La société Anaconda a délimité la zone minéralisée en forant 9 trous de sonde entre 1957 et 1974. Dans le trou de sonde MM-1 (fig. 3) l'intersection continue la plus épaisse de sulfures massifs était un segment de carotte d'une longueur de 2,6 m. A cet endroit la zone de "sulfures principalement massifs" (fig. 3) se compose de deux couches massives d'une part et d'autre d'une épaisseur de phyllite d'environ 2 m où les sulfures sont disséminés, et de concentrations presque nulles, à presque massifs dans des couches minces. À une plus grande profondeur dans le trou de sonde, la zone de "sulfures principalement disséminés" (fig. 3) se compose en grande partie de phyllite pauvre en sulfure dans laquelle se trouvent des couches riches en sulfures disséminés à grains fins; une couche, d'une épaisseur de quelques centimètres seulement, est massive. Dans le trou de sonde MM-2 la séquence de sulfuré est analogue et les deux couches de

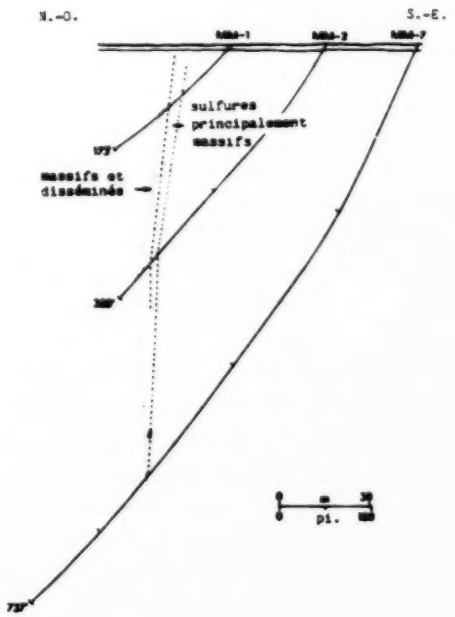

Fig. 3 - Profil des trous de sonde illustrant la répartition des sulfures massifs et disséminés

sulfures massifs sont également séparées par de la phyllite avec abondance de sulfures disséminés. Toutefois, dans ce cas, la plus épaisse des couches massives est d'une épaisseur beaucoup moindre et, dans la carotte, l'intersection était d'une longueur légèrement inférieure à 1 m.

Le trou de sonde MM-7 n'a recoupé que peu de sulfure: à cet endroit la principale zone minéralisée ne présente que des sulfures disséminés sur 0,25 m. La section massive renferme 0,5% de Cu et des quantités négligeables de Zn et de Pb.

Le caractère continu de la zone de sulfures massifs est indiqué par les importantes intersections de sulfures dans les trous de sonde MM-5 et MM-6 (fig. 2). Dans le mm-5 l'intersection initiale renferme des sulfures massifs sur 1,2 m auxquels succèdent environ 9 m de phyllite renfermant de 10 à 50% de sulfures disséminés puis 4,5 m de sulfures massifs. Cette séquence est analogue aux répartitions des sulfures obtenues dans les trous de sonde MM-1 et MM-2. Dans le trou de sonde MM-6 (fig. 2) les sulfures massifs se présentent en une seule couche d'une épaisseur de presque 8 m à laquelle succède vers le bas une épaisseur d'environ 9 m de sulfures disséminés.

Les trous de sonde MM-3 et MM-8 (fig. 2) n'ont pas recoupé les prolongements projetés en direction du nord-est et du sud-ouest de la zone de sulfure. Ces deux trous ont été forés jusqu'à des profondeurs suffisantes pour atteindre les intersections prévues, mais tous deux se sont avérés stériles.

FAILLES

On a observé des zones bréchiques, des surfaces de friction et d'étroites veines de brèche de friction dans les carottes provenant de la plupart des trous de sonde. Ces éléments ont également été enregistrés dans les diagrammes de forage de l'Anaconda tout comme d'autres indices de la formation possible de failles comme un intense plissement microscopique, la présence de carottes broyées et un faible taux de récupération de carottes. Il a été impossible d'organiser ces indices de la formation de failles en un réseau rationnel de failles. Par exemple, les carottes provenant des trous de sonde MM-5 et MM-6 indiquent la présence d'une faille adjacente au côté nord de intersections de sulfure. La projection verticale jusqu'à la surface révèle que l'orientation de la faille supposée coïncide avec la trace de l'anomalie EM (fig. 2). Plusieurs intersections indiquant des failles dans le trou de sonde MM-8 sont également disposées de manière à laisser croire à la continuité de la faille dans l'axe du gisement. Dans le trou de sonde MM-1, toutefois, le prolongement de la faille n'est pas évident. Ainsi les corrélations sont apparemment incorrectes quoique l'on doive noter que l'orientation de la faille supposée coïncide approximativement avec l'orientation des failles régionales cartographiées par Fyffe (1974).

Les tentatives visant à établir des corrélations entre les autres manifestations de failles dans la propriété ont soulevé des difficultés analogues. Latéralement la masse de sulfure s'amincit rapidement, mais rien n'indique que la zone minéralisée fait partie d'une zone plus grande déplacée par des failles transversales.

MINÉRALOGIE

ÉLÉMENTS GÉNÉRAUX

Le principal sulfure présent, tant sous forme massive que sous forme disséminée, est la pyrite. Dans la zone massive les roches sulfurées sont en majeure partie des masses compactes de grains de pyrite avec quartz interstitiel et peu d'autres matériaux (fig. 4). Dans la zone de sulfures disséminés les grains de pyrite constituent une proportion généralement élevée de la roche, mais leur abondance est très variable perpendiculairement à la stratigraphie. Ainsi, certaines parties des couches dans la zone de sulfures disséminés peuvent ne renfermer que des quantités négligeables de sulfure tandis que d'autres couches minces peuvent être composées de pyrite presque massive.

Quoique l'on pourrait s'attendre à ce que les couches minces de sulfure massif deviennent progressivement plus épaisses, ce qui permettrait de fixer une limite arbitraire entre zones de sul-

fures disséminés et massifs, une telle progression n'est généralement pas observée au gisement McMaster ou dans les autres gisements stratiformes au Nouveau-Brunswick. Au contraire, les sulfures classés comme massifs sont généralement faciles à délimiter parce qu'ils se présentent en couches d'une épaisseur disproportionnée avec contacts bien marqués. Au gisement McMaster, la première intersection de sulfures par les trous de sonde est généralement caractérisée par une pénétration brusque dans une zone de minéralisation massive et ultérieurement dans une zone de minéralisation disséminée. Cette succession correspond à une progression typique de l'éponte supérieure à l'éponte inférieure dans le gisement stratiforme et suggère qu'au gisement McMaster les limites supérieures de la stratigraphie font face au sud-est.

PYRITE

Au gisement McMaster la granulométrie de la pyrite varie de framboïdale à des grains de plus de 0,5 mm. La granulométrie apparemment grossière de certains sulfures découle de l'abondance de particules de pyrite d'un diamètre atteignant couramment jusqu'à 2 mm (fig. 4 et 5). Certaines de ces particules sont composées de grains individuels et d'autres sont des assemblages de plusieurs grains relativement grossiers.

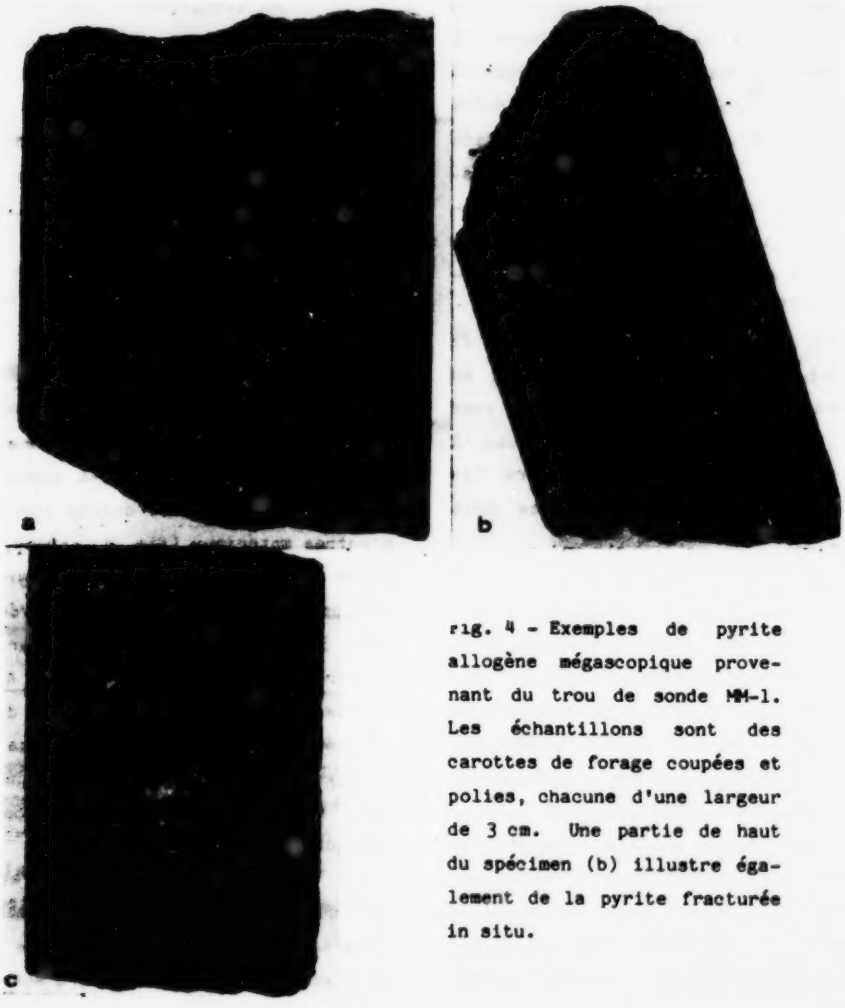

Fig. 4 - Exemples de pyrite allogène mégascopique provenant du trou de sonde MM-1. Les échantillons sont des carottes de forage coupées et polies, chacune d'une largeur de 3 cm. Une partie de haut du spécimen (b) illustre également de la pyrite fracturée in situ.

Fig. 5 - Exemples de pyrite allogène microscopique en sections polies provenant de la carotte du trou de sonde MM-2. (a) Particules de pyrite à grains fins avec plusieurs de taille intermédiaire et une à gros grains dispersés dans une matrice de quartz (noir); (b) pyrite analogue, mais renfermant d'abondantes particules de taille intermédiaire; (c) très grosse particule dans une matrice moins riche en sulfure; (d) pyrite massive à grains fins dont on a fait ressortir la structure par attaque avec HNO_3; l'échantillon a été prélevé environ 1 m sous les échantillons précédents de pyrite allogène. Toutes les photographies ont été obtenues avec lumière réfléchie, immersion dans l'huile et au même grossissement. L'échelle graphique représente 0,2 mm.

On n'a pas observé de particules composées de mosaïques enchevêtrées de grains fins.

L'attaque des particules par l'acide n'a pas fait ressortir d'entités caractéristiques: les structures polyframboïdales sont absentes et les rares zonations semblent limitées aux petites particules. Dans quelques cas, des zonations tronquées indiquent que seule une partie de grain original est présente. Les particules varient d'homomogènes à diablastiques, d'anguleuses à arrondies et de grosses à petites (fig. 4 et 5); cette diversité, même entre particules adjacentes, suggère une sédimentation de matériaux transportés plutôt qu'une cristallisation primaire in situ. La pyrite de ce genre est dite allogène.

La pyrite allogène constitue la majeure partie des zones de sulfures massifs et est également une composante appreciable dans les zones de pyrite disséminée au gisement McMaster. La pyrite allogène est ainsi le principal constituant sulfuré du gisement; la plus grande partie du reste des sulfures est de la pyrite primaire que l'on trouve couramment en masses compactes de couches minces dont certaines sont composée de grains de taille framboïdale (fig. 5). On trouve dans la zone de sulfure disséminé quelques framboïdes dispersés de pyrite, mais ces derniers sont rares et mal formés dans la zone de sulfure massif. Les structures colloformes sont extrêmement rares dans la pyrite primaire, mais l'attaque à l'acide a montré que quelques grains présentent des zonations. Les grains de pyrite varient d'automorphes à allotriomorphes, ces derniers beaucoup plus communs, et dans quelques sections polies, les dimensions et les formes des grains ainsi que les associations de sulfures sont presque identiques à celles observées au gisement Caribou (Jambor 1981).

Dans le trou de sonde MM-1 (fig. 3), l'intersection initiale de sulfures massifs renferme les plus grosses particules allogènes et la taille moyenne des particules diminue en direction du fond du trou. Cette configuration est répétée dans la deuxième zone de sulfure massif. Dans le trou de sonde MM-2 (fig. 3) la zone de sulfure massif se trouve sous une épaisseur d'environ 0,7 m de sulfures disséminés abondants incluant de nombreuses particules allogènes.

Dans la zone de sulfure massif les plus grosses particules allogènes sont plus de deux fois plus petites que celles provenant du trou de sonde MM-1 et du côté du fond du trou la zone de sulfure massif se compose en partie de pyrite de granulométrie fine en feuillets. La pyrite à grains fins peut être primaire (formée in situ) plutôt qu'allogène. Dans le trou de sonde MM-7 (fig. 3) une faible quantité de pyrite disséminée précède environ 0,3 m de sulfures massifs dans lesquels la pyrite allogène est principalement de granulométrie fine. Si l'on résume l'ensemble de la coupe, il semble que la pyrite allogène devient plus grossière en direction du sud-est, mais la direction principale dans laquelle les grains deviennent plus gros est du fond des trous en direction de la surface actuelle.

Les intersections de sulfure massif dans les trous de sonde MM-5 et MM-6 se trouvent environ à la même profondeur que les sulfures dans le trou MM-2. Toutefois dans les MM-5 et MM-6 la taille et l'abondance des grains de pyrite allogène grossière sont analogues à celles observées dans le MM-1, quoique que la diminution de la taille des particules en direction du fond de trou est moins évidente. Ces variations ainsi que l'absence de sulfures dans les trous de sonde MM-3 et MM-8 (fig. 2) suggèrent que la pyrite allogène s'est déposée dans une paléodépression ou un paléochenal d'orientation nord.

CHALCOPYRITE

Au gisement McMaster on trouve plus de la moitié de la chalcopyrite sous forme de poches et de veinules le long des limites des grains de pyrite et la plus grande partie du reste le long de fractures dans les grains de pyrite ou sous forme de veinules qui recoupent ces grains. Seulement une très faible quantité de chalcopyrite est présente sous forme de petits grains enrobés de pyrite et on en trouve des traces sous forme d'inclusions dans la sphalérite. Par conséquent le dégagement de la plus grande partie de la chalcopyrite ne devrait pas être difficile surtout puisque les enchevêtrements avec d'autres sulfures de métaux de base sont presque inexistants.

SPHALÉRITE ET GALÈNE

La teneur exceptionnellement faible en zinc du gisement McMaster est évidente dans les sections polies riches en sulfure dont un grand nombre ne renferment pas de sphalérite ou n'en présentent que quelques petits grains dispersés. Les grains dispersés sont d'un diamètre moyen de 25 µ et on les trouve ordinairement dans les interstices entre les grains de pyrite ou interposés entre la pyrite et le quartz.

En plus de la faible quantité dispersée de sphalérite, ce minéral est plus abondant et en association évidente avec les sulfures disséminés dans la phyllite. Dans ces manifestations la sphalérite se présente en poches d'un diamètre atteignant jusqu'à 0,2 mm mais dont les contours sont habituellement irréguliers et qui sont généralement concentrées dans quelques feuillets et absentes dans la plupart de ces derniers. On trouve courramment de petites quantités de galène et de chalcopyrite à grains plus fins avec la sphalérite et la majeure partie de la galène du gisement est présente sous forme de ce type d'association. Pour le reste la galène est présente sous forme de grains disséminés d'une manière éparse dans la pyrite.

C'est dans deux échantillons prélevés du côté du fond du trou dans la zone de sulfure disséminé au trou de sonde MM-6 que la sphalérite et la galène les plus abondantes ont été observées dans le cadre de la présente étude. Un des échantillons présentait également une couche massive d'une épaisseur d'environ 0,5 cm dans laquelle les grains de pyrite étaient en moyenne d'un diamètre de moins de 15 µm; un grand nombre des grains présentent des zonations; quelques petites masses colloformes sont présentes et on trouve des grains d'arsénopyrite disséminés dans la pyrite. La sphalérite est relativement abondante et la galène est présente en faible quantité dans la gangue et dans les interstices entre les grains de pyrite. La taille et la texture des grains ainsi que les associations sont identiques à celles observées dans un grand nombre d'échantillons provenant du gisement Caribou (Jambor 1981).

AUTRES SULFURES ET MINÉRAUX ASSOCIÉS

La pyrrhotine est présente dans un grand nombre des sections polies, mais en quantités insignifiantes. On trouve ce minéral sous forme d'inclusions dans la pyrite allogène. Les inclusions ont en moyenne moins de 15 µm de diamètre et l'on n'en trouve habituellement qu'une ou deux dans un grain individuel de pyrite.

On a trouvé des traces de sulfosels de plomb et de bismuth sous forme d'inclusions minuscules dans la pyrite. Des dosages à la microsonde de trois grains provenant de profondeurs différentes dans le trou de sonde MM-5 ont donné de faibles concentrations attribuables à des difficultés de dosage résultant de la petite taille des inclusions plutôt qu'à la présence d'éléments non dosés (tableau 1). Deux des dosages ont indiqué la présence d'élément en proportions voisines de celle de l'aikinite ($PbCuBiS_3$) et de la gladite ($PbCuBi_5S_9$). Dans le cas de l'autre dosage on a obtenu les plus faibles pourcentages totaux en masse et les proportions des éléments sont par conséquent plus incertaines; le dosage

Tableau 1 - Dosages par microsonde des sulfosels de plomb et de bismuth

% en masse	MM-5-243	MM-5-260	MM-5-281
Pb	19,8	32,4	13,2
Cu	6,0	11,0	4,3
Bi	54,6	38,8	64,1
S	17,5	16,5	17,3
	97,9	98,7	98,9
Rapports molaires			
Pb	1,00	1,00	1,00
Cu	0,98	1,11	1,06
Bi	2,72	1,19	4,80
S	5,69	3,30	8,44

Dosages par microsonde à 20 kV, courant de l'échantillon 0,028-0,035 microampères; étalons: Cu_2S d'origine industrielle, mathildite, ZnS d'origine industrielle, ménéghinite, énargite, tétraédrite d'origine industrielle et naturelle.

sans rajustement a donné $Pb_{1,00}Cu_{0,98}Bi_{2,72}S_{5,69}$, ce qui correspond approximativement à la composition de la krupkaite ($PbCuBi_3S_6$).

On a trouvé une bulle de bismuth natif d'un diamètre d'environ 2 µm sous forme d'inclusion dans la pyrite allogène dans la zone de sulfure massive du trou de sonde MM-6. Les sulfures à grains fins, riches en sphalérite, de type Caribou provenant de ce trou de sonde renfermaient également un grain de tennantite (tableau 2). La pyrite de cette section polie était accompagnée de plusieurs grains d'arsénopyrite de taille comparable et la présence de rares grains éparpillés d'arsénopyrite a été notée dans divers autres échantillons.

En plus des trois échantillons provenant du trou de sonde MM-5 et qui renferment des sulfosels de Pb-Bi, un autre renferme une veinule de tétraédrite bismuthée dans la pyrite (tableau 2); les quatre manifestations soulignent le caractère riche en bismuth plutôt que riche en antimoine de l'assemblage sulfuré de gisement McMaster.

Les seuls autres sulfures notés dans les carottes provenant du gisement McMaster sont la digénite avec un peu de covellite associée et de faibles quantités d'un sulfure de cuivre et fer non identifié. La digénite et la covellite se présentent d'une manière sporadique et éparse sous forme d'écorces minces sur quelques grains de chalcopyrite dans le quartz et sur les bords de certaines veinules de chalcopyrite qui longent les contacts entre la pyrite et le quartz. En majeure partie, la digénite et la covellite proviennent de carottes du côté du haut du trou de sonde MM-1, un emplacement où on a observé des indices texturaux d'altération supergène.

On trouve également dans le trou de sonde MM-1 plusieurs grains irréguliers du sulfure de cuivre et fer non identifié; il a remplacé la chalcopyrite et a été à son tour en partie remplacé par des écorces et des veinules de digénite- covellite (fig. 6). Les grains de sulfure de cuivre et fer, quoique associés aux sulfures massifs, ne sont présents que dans les parties riches en silicates des carottes. Les grains sont brunâtres en lumière réfléchie, fortement anisotropes et renferment tous d'abondant fuseaux et lamelles de chalcopyrite à grains fins (fig. 6). Pour les meilleurs secteurs libres de chalcopyrite, les dosages par microsonde utilisant la spectrométrie d'absorption et d'émission ont donné 54,1% de Cu, 13,3% de Fe et 32,2% de S pour une masse totale en pourcentage de 99,6. Cela correspond à $Cu_{0,851}Fe_{0,238}S_{1,004}$ qui présente un excès de charges positives si tout le cuivre est bivalent. De nouveaux calculs effectués à l'aide des résultats donnent $Cu_{4,88}Fe_{1,36}S_{5,76}$ pour une formule à 12 atomes et $Cu_{3,25}Fe_{0,91}S_{3,84}$ pour une formule à 8 atomes. Malgré le déséquilibre de la charge ces résultats, ainsi que les propriétés optiques, indiquent que le minéral du gisement McMaster est analogue à la nukundamite (ou soi-disant idaite) définie par Rice et coll. (1979). La formule empirique de la nukundamite est $Cu_{3,37}Fe_{0,66}S_{3,97}$ sur la base de 8 atomes. L'analyse de la structure cristalline de la nukundiate d'origine industrielle (Sugaki et coll. 1981) indique un rapport apparemment constant du nombre d'atomes de cuivre sur le nombre d'atomes de fer de 3,4 sur 0,6.

Les essais visant à confirmer la tentative d'identification du sulfure du gisement McMaster au moyen de diagrammes de diffraction des poudres n'ont pas été couronnés de succès. Quoique les grains du minéral soient assez petits

Tableau 2 - Dosages à la microsonde de tétraédrite et de tennantite

%			29 atomes	
en masse	MM-5-275	MM-6-266	MM-5-275	MM-6-266
Cu	33,7	40,1		
Ag	0,0	0,0	11,9	11,8
Fe	3,6	3,2		
Zn	5,6	7,4		
Sb	13,6	0,0		
Bi	18,5	0,0	4,0	3,7
As	1,7	19,1		
S	23,9	29,4	13,1	13,5
	100,6	99,1		

Les conditions de dosage et les étalons sont donnés au tableau 1.

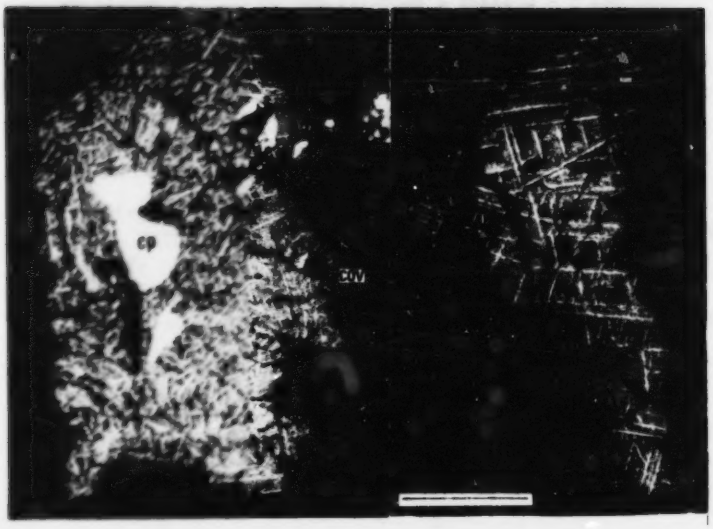

Fig. 6 - Sulfure non identifié de cuivre et fer avec grains résiduels de chalcopyrite (cp) et une écorce de remplacement de covellite (cov) et de digénite. Le grain de gauche renferme des fuseaux orientés de chalcopyrite et celui de droite des lamelles de chalcopyrite légèrement plus grossières. Lumière réfléchie, immersion dans l'huile. Les deux photographies présentent le même grossissement; l'échelle graphique représente 35 micromètres.

et que les inclusions de chalcopyrite soient inévitables, les fuseaux préparés au microscope à soumettre aux rayons X semblent renfermer suffisamment de matériaux pour donner au moins de faibles diagrammes de diffraction des poudres des mélanges de sulfures. Néanmoins les lignes de diffraction obtenues sont quelque peu diffuses mais semblent uniformément correspondre aux lignes les plus fortes pour la chalcopyrite seule; il a été impossible d'établir une deuxième phase qui aurait dû correspondre au minéral plus abondant.

La magnétite, une composante importante de certains des gisements de la région de Bathurst, n'est présente au gisement McMaster que sous forme de minuscules inclusions dans la pyrite allogène à grains grossiers. Aucun minéral d'argent n'a été observé dans les échantillons du gisement McMaster. Les dosages de cinq morceaux de sulfure massif des carottes n'ont donné en moyenne que 2,8 ppm d'Ag (tableau 3).

SILICATES

En plus de son caractère cuprifère et de la prépondérance de la pyrite allogène, le gisement McMaster se distingue également de la plupart des autres gisement du district par le fait que les minéraux non sulfurés accompagnant les sulfures massifs sont presqu'exclusivement le quartz et la chlorite. Le seul minéral carbonaté détecté lors de l'étude a été la sidérite que l'on trouve à l'état de traces sous forme d'inclusions microscopiques dans la pyrite allogène et sous forme de grains dissiminés dans des couches riches en quartz dans la phyllite stérile.

Dans la plupart des échantillons de sulfure massif le principal silicate présent est le quartz et il est habituellement accompagné de petites quantités de chlorite. On trouve le quartz soit dans les interstices lorsque les sulfures sont abondants, soit sous forme de matrice où les sulfures sont plus épars. Quoique la plu-

Tableau 3 - Dosages d'échantillons de sulfure massif du gisement McMaster

No. de trou de sonde Profondeur en pieds	% en masse						ppm
	Cu	Zn	Pb	As	Sb	S	Ag
MM-1-94'	0,65	0,15	0,01	0,03	<0,05	38,46	3,3
-106'	4,21	0,06	0,01	0,03	<0,05	38,43	5,8
MM-2-298'	0,59	0,01	0,01	0,04	<0,05	42,15	1,7
-299'	0,70	0,03	0,01	0,04	<0,05	38,00	1,3
MM-2-558'	0,42	0,05	0,04	0,05	<0,05	40,79	1,7

Dosages effectués au Laboratoire de chimie du CANMET

part des grains de quartz soient allotriomorphes et dépourvus d'entités distinctives comme l'extinction onduleuse ou la structure rubanée prononcée, les grains sont couramment légèrement allongés et disposés en rangées subparallèles. La direction prédominante de l'allongement est parallèle à la stratification, mais il est également commun de trouver les grands axes de grains de quartz perpendiculaires aux contacts avec la pyrite. Ainsi les alignements de quartz s'allongent vers l'extérieur à partir des limites de grains de pyrite et suivent la configuration des contacts quartz-pyrite plutôt que la stratification ou la schistosité. Ces relations suggèrent que la cristalisation primaire in situ de quartz s'est produite pendant l'accumulation des sulfures massifs.

De petites quantités de chlorite sont associées au quartz interstitiel dans la plupart des échantillons de sulfure massif et dans quelques uns de ces échantillons la chlorite est le silicate prédominant. L'aspect et la venue des deux minéraux sont analogues et dans certains cas la chlorite a apparemment remplacé le quartz. Le rapport chlorite sur quartz est moins élevé dans les sulfures massifs que dans les roches ne renfermant qu'une quantité modérée de sulfure.

AUTRES MINÉRAUX

Les granules de rutile, présents seulement occasionnellement dans les échantillons riches en sulfure, sont communs le long de la stratification dans la phyllite. Le rutile semble rattaché aux roches formant les silicates plutôt qu'aux sulfures. Un échantillon provenant du trou de sonde MM-6 est insolite par le fait que le contact entre les sulfures massifs et la chlorite est engorgé dans des granules de rutiles de granulométrie fine apparement perturbés par une "stagmatite" de rutile relativement immense, approximativement 0,1 x 0,1 mm.

On trouve quelques paillettes de graphite dans les roches renfermant des sulfures dissiminés dans la phyllite stérile. Ces paillettes et les occasionnels grains allotriomorphes d'hydrocarbures amorphes semblent ne présenter aucune relation directe avec l'assemblage sulfuré.

ALTÉRATION CHLORITEUSE

Les roches hôtes dans les environs des sulfures massifs renferment une abondante quantité de muscovite et des quantités moindres de chlorite. En approchant de la zone de sulfure du sud-est on note une brusque modification de la phyllite qui, riche en muscovite, devient riche en chlorite (fig. 7 et 8). La muscovite est complètement absente de la plupart des échantillons provenant de la zone chloriteuse; dans les quelques échantillons qui présentent des traces de mica, ce dernier est presque toujours concentré

sous forme d'une couche d'une épaisseur microscopique le long de la stratification plutôt que dispersé dans l'ensemble de la couche.

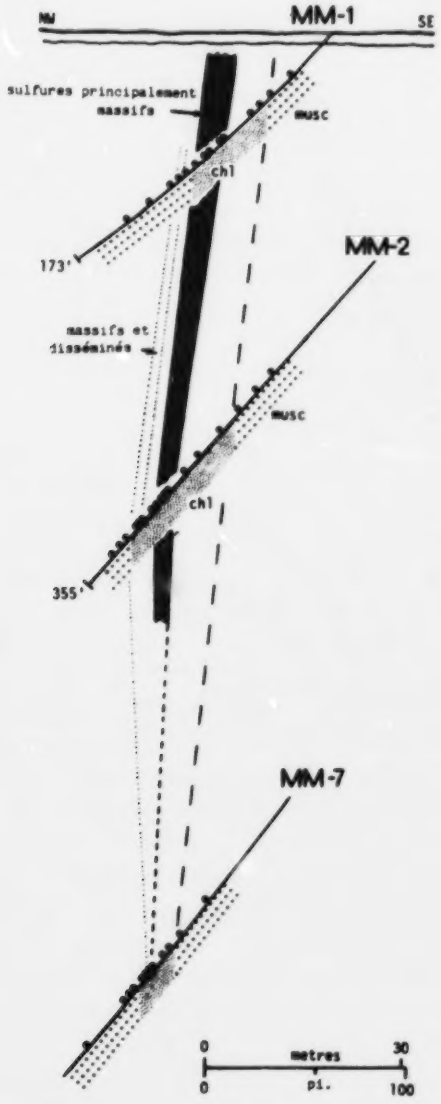

Fig. 7. Coupe de la zone de sulfure du gisement McMaster illustrant la transition entre les roches hôtes riches en muscovite (musc.) et chloriteuses (chl.). Les points le long des parties supérieures des trous de sonde représentent les endroits où ont été prélevés des échantillons de lames minces.

La répartition des zones chloriteuses (fig. 7 et 8) indique qu'elles sont spécifiquement associées avec la partie massive de la zone sulfurée. Par contraste, certains des sulfures disséminés se trouvent dans les roches chloriteuses, tandis que d'autres sont dans des roches hôtes renfermant de la muscovite. Malgré la transition de la muscovite à la chlorite, le caractère des roches hôtes semble par ailleurs inchangé jusqu'au contact avec les sulfures massifs. À ce contact ou très près de celui-ci plusieurs échantillons montrent des signes de remplacement substantiel du quartz par la chlorite et dans deux échantillons le seul silicate présent est la chlorite. Dans le trou de sonde MM-5 des zones très chloriteuses et une diminution de la quantité de quartz précèdent les intersections des deux lentilles de sulfure massif (fig. 8). Dans tous les trous de sonde le quartz réapparaît après la pénétration dans les sulfures massifs.

En résumé une zone chloriteuse d'une épaisseur appréciable est concentrée le long du côté sud-est des sulfures massifs et est apparemment continue sur toute la longueur des sulfures. Les trous de sonde MM-3 et MM-8 (fig. 2) n'ont pas recoupé de zones de sulfure reconnaissables et l'examen de sections de plusieurs échantillons provenant du MM-8 n'a pas révélé l'existence d'une zone de chlorite.

Les données restreintes obtenues concernant la zone chloriteuse indiquent qu'au moins une faible partie de la chlorite résulte d'un phénomène d'altération associé à la proximité du contact sud-est avec les sulfures massifs. Quoique toute la zone de chlorite pourrait être reliée à ce contact, l'épaisseur de la zone chloriteuse, la nature des sulfures et le fait que la chlorite soit apparemment définie par la stratification (fig. 7) suggèrent plutôt que les minéraux précurseurs de la phyllite ont été exposés à un milieu qui a entraîné des modifications de la composition des composants de type phyllosilicate. En d'autres mots, on pense que le caractère riche en Mg et Fe des roches de la zone de chlorite reflète des conditions pénécontemporaines plutôt qu'une altération ultérieure des roches riches en potassium apparentées à la phyllite à muscovite adjacente.

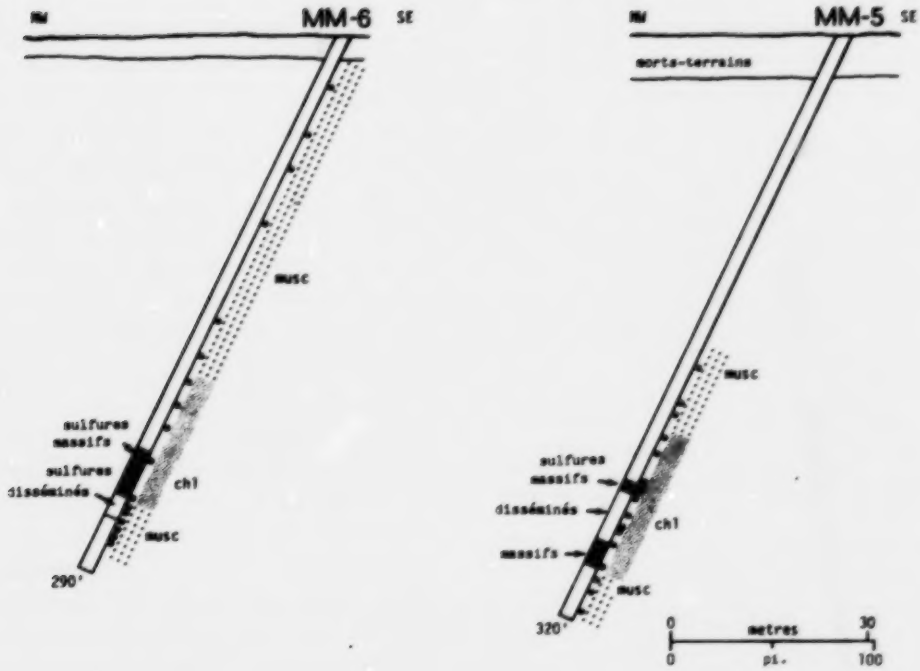

Fig. 8. Coupe des trous de sonde MM-5 et MM-6 (fig. 2) illustrant la répartition des zones chloriteuses et sulfurées.

Le milieu de sédimentation des roches renfermant de la chlorite ne chevauche que par endroits la période d'accumulation de sulfures massifs (p. ex., MM-2, fig. 7) et ainsi le moment de la formation de la principale zone de chlorite, en supposant l'origine admise plus haut, dépend de la direction des limites supérieures de la stratification. Si l'accumulation des sulfures disséminés a précédé celle des sulfures massifs, ce qui constitue la succession habituelle dans le cas des gisements de la région de Bathurst, la partie supérieure de la stratification est alors au sud-est. Un échantillon de carotte provenant du contact sud-est entre sulfure massif et chlorite présente un granoglassement bien défini dans lequel les parties supérieures de la stratification font également face au sud-est; malheureusement ces indices ne constituent pas une preuve puisqu'une certaine incertitude est toujours associée aux observations effectuées sur des carottes examinées il y a un grand nombre d'années.

On ne peut écarter la possibilité que les couches les plus jeunes se trouvent du côté nord-ouest de gisement. L'altération chloriteuse est couramment absente ou mal définie dans la plupart des gisements de la région de Bathurst; néanmoins dans les gisements où on a noté une altération chloriteuse celle-ci se trouve invariablement sous les sulfures massifs dans la colonne stratigraphique.

La zonation des métaux de base constitue couramment un indicateur utile des successions stratigraphiques, mais au gisement à McMaster les teneurs en métaux sont faibles et la séparation des zones riches en Cu et des zones riches en Pb et Zn n'est pas évidente. Par conséquent, les indices favorisant l'une ou l'autre des directions possibles de stratification ne sont pas con-

cluants. Même si pour la plus grande partie les sulfures du gisement McMaster sont allogènes, la succession des sulfures disséminés aux sulfures massifs n'est considérée que légèrement plus sûre que l'altération chloriteuse pour déterminer la direction des limites supérieures des couches; c'est sur ce qui précède que l'on base la précaire conclusion que le gisement est retourné et que les limites supérieures des couches font face au sud-est.

MÉTAMORPHISME

Quoique le gisement McMaster soit situé dans la partie nord de ce qui est décrit comme la zone chloriteuse de schiste vert du métamorphisme régionale (fig. 1), les études récentes par Whitehead et Goodfellow (1978a, b) ont indiqué que la zone chloriteuse est probablement beaucoup plus complexe du point de vue métamorphique: les roches près du ruisseau Murray (fig. 1) renferment des zones de pumpellyite, de grenat et de crossite et on pense que cette dernière représente le faciès de schiste bleuté du métamorphisme. Skinner (1974) signale des amphiboles sodiques dans une étroite zone qui s'étire le long du secteur nord des environs du ruisseau Murray jusqu'au delà de Rocky Turn (fig. 1); cette zone qui est en corrélation avec les faciès de schiste bleuté de Whitehead et Goodfellow, peut englober le gisement McMaster ou se situer légèrement au nord de ce dernier.

L'assemblage silicaté au gisement McMaster ne renferme pas de stilpnomélane, de biotite ou d'amphiboles et est compatible avec la zone chloriteuse du métamorphisme. La granulométrie fine des sulfures primaires est analogue à celle de ceux que l'on trouve au gisement Caribou et indique qu'il n'y a pas eu recristallisation pénétrante avec augmentation concomitante de la taille des grains. Quelques-uns des grains beaucoup plus grossiers de pyrite allogène renferment de nombreuses inclusions périphériques de silicate; la taille des grains de pyrite et la réparition ainsi que l'abondance des inclusions sont couramment des indices de la présence de pyrite métamorphique recristallisée. D'autre part les grains beaucoup plus grossiers de la pyrite allogène peuvent n'être que le reflet d'une cristallisation primaire en milieu à température relativement élevée près de l'orifice.

REMERCIEMENTS

La collaboration de l'Anaconda Company (Canada) Ltd., de A. Buzas de l'Anaconda, et de J.L. Davies de la Direction des ressources minérales du Nouveau-Brunswick a été grandement appréciée. Au CANMET, J.M. Beaulne, Y. Bourgoin, P. Carrière et E.J. Murray ont fourni l'aide technique. Les dosages à la microsonde ont été effectués par D.R. Owens.

BIBLIOGRAPHIE

Davies, J.L. and McAllister, A.L. "Trip 16: geology and massive sulphides of the Bathurst area, New Brunswick"; Geol Assoc Can - Mineral Assoc Can Field Trip Guidebook; Halifax Meeting; 1980.

Fyffe, L. "N-5 Upper parts Jacquet and Tetagouche rivers"; Plate 74-161; New Brunswick Dept Natural Resources; 1974.

Helmstaedt, H. "Structural geology of the Bathurst-Newcastle district"; edited by N. Rast; New England Intercollegiate Geol Conf Field Guide to Excursions; 34-46; 1973.

Irrinki, R.R. "Geology of the southeastern part of the Miramichi Zone (North)"; Plate 73-26; New Brunswick Dept Natural Resources; 1973.

Irrinki, R.R. "Geology of the southeastern part of the Miramichi Zone (north) - the metamorphic mineral assemblage and regional variation"; Plate 74-13; New Brunswick Dept Natural Resources; 1974.

Jambor, J.L. "Mineralogy of the Caribou massive sulphide deposit, Bathurst area, New Brunswick"; CANMET Report 81-8E; CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1981.

Rice, C.M., Atkin, D., Bowles, J.F.W. et Criddle, A.J. "Nukindamite, a new mineral, and idaite"; Mineral Mag 43:192-200; 1979.

Saif, S.I. McAllister, A.L. et Murphy, W.L. "Geology of the Key Anacon mine area, Bathurst, New Brunswick"; Can Min Metall Bull 71:791: 161-168; 1978.

Skinner, R. "Geology of the Tetagouche Lakes, Bathurst, and Nepisiguit Falls map-areas, New Brunswick"; Geol Surv Can Memoir 371; 1974.

Sugaki, A., Shima, H., Kitakaze, A. et Mizota, T. "Hydrothermal synthesis of nukindamite and its crystal structure"; Amer Mineral 66:398-402; 1981.

Whitehead, R.E.S. et Goodfellow, W.D. "Geochemistry of volcanic rocks from the Tetagouche Group, Bathurst, New Brunswick, Canada"; Can J Earth Sci 15: 207-219; 1978a.

Whitehead, R.E.S. et Goodfellow, W.D. "Geochemistry of volcanic rocks from the Tetagouche group, Bathurst, New Brunswick, Canada: Reply"; Can J Earth Sci 15: 1681-1683; 1978b.

SONDAGE

L'opinion des lecteurs intéressés peut influencer l'orientation future des recherches à CANMET.

Nous vous invitons, donc, à évaluer le rapport - n° _____

Est-il utile?	Oui____	Non____
Traite-t-il d'un problème de l'industrie?	Oui____	Non____
Le sujet est-il prioritaire?	Oui____	Non____

Commentaires _____

_____

_____

Postez à: Rédacteur de CANMET, EMR, 555, rue Booth,
Ottawa, Ontario, K1A 0G1

Une copie gratuite de la REVUE DE CANMET sera envoyée sur demande.

CANMET REPORTS

Recent CANMET reports presently available or soon to be released through Printing and Publishing, Supply and Services, Canada (addresses on inside front cover), or from CANMET Publications Office, 555 Booth Street, Ottawa, Ontario, K1A 0G1:

Les récents rapports de CANMET, qui sont présentement disponibles ou qui le seront bientôt peuvent être obtenus de la Direction de l'Imprimerie et de l'Édition, Approvisionnements et Services Canada (adresses au verso de la page couverture), ou du Bureau de vente et distribution de CANMET, 555, rue Booth, Ottawa, Ontario, K1A 0G1:

81-13E MA-1: A certified gold reference ore; H.F. Steger and W.S. Bowman;
Cat. No. M38-13/81-13E, ISBN 0-660-11149-7; Price: $3.50 Canada, $4.20 other countries.

77-1E Silica fume in concrete - preliminary investigation; J.D. Carette and V.M. Malhotra;
Cat. No. M38-13/82-1E, ISBN 0-660-11151-9; Price: $6.50 Canada, $7.80 other countries.

77-3E Impact of excessive aromatics in oil sand syncrudes on production and quality of middle distillate fuels; M.F. Wilson;
Cat. No. M38-13/82-3E, ISBN 0-660-11157-8; Price: $2.75 Canada, $3.30 other countries.

82-4E The chemistry, generation and treatment of thiosalts in milling effluents - A non-critical summary of CANMET investigations 1970-1982; edited and compiled by M. Wasserlauf and J.E. Dutrizac;
Cat. No. M38-13/82-4E, ISBN 0-660-11170-5; Price: $6.00 Canada, $7.20 other countries.

81-6E BL-3a and BL-4a: Certified uranium reference ores; H.F. Steger, W.S. Bowman and J. Dechanowitsch and R. Sitarno;
Cat. No. M38-13/81-6E, ISBN 0-660-11179-4; Price: $4.25 Canada, $5.10 other countries.

82-7E Small-scale continuous selective flotation of a New Brunswick massive sulphide ore; W.I. Stemerowicz, T.F. Berry, R.G. Bredin and D.W. Leigh;
Cat. No. M38-13/82-7E, ISBN 0-660-11247-2; Price: $5.50 Canada, $6.60 other countries.

77-4E Canadian R&D studies of partially briquetted coke oven charges; D.T. Price, J.F. Dransden and W.R. Leeder;
Cat. No. M38-13/82-9E, ISBN 0-660-11217-8; Price: $4.50 Canada, $5.40 other countries.

82-4E CANMET Review 1981-82; Staff of Technology Information Division;
Cat. No. M38-13/82-4E, ISBN 0-660-11210-0; Price: $6.00 Canada, $6.00 other countries.

82-4F Revue de CANMET 1981-82; Staff of Technology Information Division;
Cat. No. M38-13/82-3F; ISBN 0-660-91054-3; Price: $6.00 Canada, $6.00 other countries.

82-11E Summaries of CANMET energy research contracts; compiled by T.P. Lanzer;
Cat. No. M38-13/82-11E; ISBN 0-660-11327-4; Price: $6.75 Canada, $8.10 other countries.

82-14E MP-1a: A certified reference ore; H.F. Steger and W.S. Bowman;
Cat. No. M38-13/82-14E; ISBN 0-660-11193-6; Price: $2.50 Canada, $3.00 other countries.

83-3E Certified reference materials; compiled by H.F. Steger;
Cat. No. M38-13/83-3E; ISBN 0-660-11338-4; Price: $5.25 Canada, $6.30 other countries.

83-3F Matériaux de référence; compilé par H.F. Steger;
Cat. No. M38-13/83-3F; ISBN 0-660-91047-0; Price: $5.25 Canada, $6.30 other countries.

POOR

QUALITY

ORIGINAL